

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладної екології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Спеціальність 183 "Технології захисту навколишнього середовища"

Тема роботи: Технології дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання / Technologies for decontamination of technogenically enhanced sources of ionizing radiation

Виконав:

студент Білоконь І. А.  
прізвище, ім'я та по батькові

Залікова книжка

№ 17510280

Підпис \_\_\_\_\_

Захищена з оцінкою

\_\_\_\_\_  
оцінка, дата

Керівник:

асист. Бурла О. А.  
посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Консультант з охорони праці:

доц. Васькін Р. А.  
посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис \_\_\_\_\_

Секретар ЕК

Васькін Р. А.  
прізвище, підпис

Суми 2020

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної екології  
Спеціальність 183 "Технології захисту навколишнього середовища"

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Білоконю Івану Андрійовичу

Група ТС-61-7

1. Тема випускної роботи Технології дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання
2. Вихідні дані: дані щодо рівня еколого-радіаційної безпеки нафтовидобувних територій.
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу:
  1. Схема відділення мийки спеціального автотранспорту.
  2. Перелік основних методів дезактивації.
  3. Результати оцінювання методів дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання.
4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці					+	
5	Оформлення роботи						+

5. Дата видачі завдання 3 квітня 2020 р.

Керівник

Бурла О. А.

## РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 51 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 47 с., у тому числі 3 таблиць, 1 рисунок, список використаних джерел 6 сторінок.

Мета роботи полягає в аналізі впливу іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище та методів дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання: ознайомитись характером впливу радіонуклідів природного походження; оцінити наслідки впливу іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище та людину; зробити аналіз способів дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання; проаналізувати небезпечні та шкідливі фактори та визначити заходи радіаційної безпеки.

Об'єкт дослідження техногенне навантаження на навколишнє природне середовище при утилізації радіоактивних відходів.

Предмет дослідження технології дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання.

У кваліфікаційній роботі було розглянуто характер впливу радіонуклідів природного походження. Досліджено наслідки впливу іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище та людину. Описані основні методи дезактивації джерел іонізуючого випромінювання. У роботі були представлені принципи поводження з радіоактивними відходами.

Ключові слова:: ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ, ОПРОМІНЕННЯ, ЗАБРУДНЕННЯ, ІОНІЗУЮЧОГО, ДЕЗАКТИВАЦІЇ, ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.



## ВСТУП

Актуальність роботи. Великі дослідження в галузі ядерної фізики, розпочаті на початку XX століття, призвели до широкого використання ядерної енергії та радіоактивних матеріалів у промисловості, медицині, сільському господарстві, наукових дослідженнях та освіті. Як і в інших областях людської діяльності, ця практика пов'язана з утворенням різних видів відходів, характерною особливістю яких є наявність в них радіоактивних компонентів. В принципі, радіоактивність завжди оточувала і оточує людину у всьому, питання тільки в тому, який рівень цієї радіоактивності? У зв'язку з цим визначення радіоактивних відходів є досить фундаментальним.

Що слід вважати радіоактивними і що слід вважати нерадіоактивними матеріалами, зокрема відходами? З нормативної точки зору радіоактивні відходи можуть бути визначені як матеріали, що містять або забруднені радіонуклідами в концентрації або активності вище рівня, встановленого державним регулюючим органом, і для яких подальше використання не передбачається.

Всі відходи, що містять більш певного рівня радіонуклідів, вважаються радіоактивними і, як наслідок, оголошуються небезпечними для людини і навколишнього середовища. Тому радіоактивні відходи повинні оброблятися, зберігатися і захоронюватися таким чином, щоб не завдавати неприйнятної збитку людям і навколишньому середовищу, як зараз, так і в майбутньому.

Мета роботи       аналіз впливу іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище та методів дезактивації техногенно-підсиленних джерел іонізуючого випромінювання.

Для досягнення цієї мети поставлено та вирішено такі завдання:

- вивчити характер впливу радіонуклідів природного походження;
- оцінити наслідки впливу іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище та людину;
- зробити аналіз способів дезактивації техногенно-підсиленних джерел іонізуючого випромінювання;
- проаналізувати небезпечні та шкідливі фактори та визначити

заходи радіаційної безпеки;

Об'єкт дослідження техногенне навантаження на навколишнє природне середовище при утилізації радіоактивних відходів.

Предмет дослідження технології дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання.

Методи дослідження: аналітичні при аналізі при аналізі наслідків впливу іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище та людину; системного аналізу при дослідженні технології дезактивації техногенно-підсилених джерел іонізуючого випромінювання.

					ТС 17510280	Арк.
Вул.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ХАРАКТЕР ВПЛИВУ РАДІОНУКЛІДІВ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Людина піддається впливу радіації двома способами-зовнішнім і внутрішнім. Якщо радіоактивні речовини знаходяться поза організмом і опромінюють їх ззовні, то в даному випадку мова йде про зовнішнє опромінення. А якщо вони знаходяться в повітрі, яким дихає людина, або в їжі або воді і потрапляють всередину організму через дихальні шляхи і шлунково-кишковий тракт, то це випромінювання називається внутрішнім.

Перш ніж потрапити в організм людини, радіоактивні речовини проходять складний шлях в навколишньому середовищі, який необхідно враховувати при оцінці доз опромінення, одержуваних від конкретного джерела.

Внутрішнє опромінення становить в середньому 2/3 ефективної дози, еквівалентної тій радіації, яку людина отримує від природних джерел випромінювання. Це відбувається через радіоактивних речовин, які потрапили в організм разом з їжею, водою або повітрям. Невелика частина цієї дози складається з радіоактивних ізотопів (наприклад, вуглецю-14, тритію), які утворюються під впливом космічного випромінювання. Все інше відбувається з джерел земного походження. В середньому людина отримує близько 180 мЗв / рік через калій-40, який засвоюється організмом разом з нерадіоактивним ізотопом калію, необхідним для життєдіяльності людини.

Під впливом іонізуючого випромінювання атоми і молекули живих клітин іонізуються, що призводить до складних фізико-хімічних процесів, що впливає на характер життєдіяльності людини.

Згідно з деякими уявленнями, іонізація атомів і молекул, що відбувається під впливом випромінювання, призводить до розриву зв'язків в білкових молекулах, що призводить до загибелі клітин і пошкодження всього організму. У зв'язку з іншими уявленнями, формування біологічних ефектів іонізуючого випромінювання відіграє певну роль в продуктах радіолізу води, які, як відомо, складають до 70% маси тіла людини.

Після іонізації води утворюються вільні радикали  $H + \dot{O}H$  -, а також в

присутності аеробних перекисних сполук, які є потужними окислювачами. Останні хімічно взаємодіють з молекулами білків і ферментів, руйнуючи їх, в результаті чого утворюються сполуки, не характерні для живого організму. Це призводить до порушення обмінних процесів, пригнічення ферменту і окремих функціональних систем, тобто порушення життєдіяльності всього організму.

Специфіка дії іонізуючого випромінювання полягає в тому, що інтенсивність хімічних реакцій, що викликаються вільними радикалами, зростає, і до їх складу входять багато сотень і тисячі молекул, не схильних до впливу випромінювання. Тому дія іонізуючого випромінювання обумовлено не кількістю енергії, що поглинається опромінюваним об'єктом, а формою, в якій ця енергія передається. Відсутність іншого виду енергії (тепла, електрики і т.д.), який поглинається біологічним об'єктом в тій же кількості, не призводить до таких змін, як іонізуюче випромінювання.

## 1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ

Коли людина знаходиться на радіаційно-небезпечних об'єктах, вона піддається впливу потоків заряджених частинок, а також гамма-квантів, які виникають в результаті радіоактивних перетворень радіонуклідів. У разі забруднення природними радіонуклідами склад заряджених частинок представлений  $\alpha$ - і  $\beta$ -електронами. Таким чином, доза зовнішнього опромінення складається з трьох складових.

Електромагнітна природа гамма-випромінювання визначає його підвищену проникаючу здатність. У табл. 1.1 розглянемо значення товщини шару половинного поглинання енергій  $\gamma$ -квантів в діапазоні від 0,1 MeV до 2,5 MeV.

У разі зовнішнього впливу дозове навантаження визначається потужністю дози і годиною впливу. Для цілей радіаційного захисту прийнято характеризувати поле гамма-випромінювання на землі (за потужністю експозиційної дози (ПЕД)).



Таблиця 1.1 Товщина шару речовини половинного поглинання пучка  $\gamma$ -квантів [1]

Енергія $\gamma$ -квантів, MeV	Товщина шару речовини половинного поглинання		
	Повітря, м	Вода, см	Свинець, мм
0,1	35	4,8	0,13
0,2	47	6	0,62
0,5	54	8	4,0
1,0	93	12	8,8
1,5	116	15	13
2,0	132	17	15
2,5	140	18	16

Для переходу від ПЕД, вимірюваної в одиниця мР/рік, до інших значень дози застосовуються такі співвідношення:

$$D=0,87*\text{ПЕД}, D_1=0,94*\text{ПЕД}, H_1=0,94*\text{ПЕД}, H_2=0,65*\text{ПЕД}, \quad (1.1)$$

де  $D$  - потужність поглиненої дози в повітрі, мрад/рік;

$D_1$  - потужність поглиненої дози в біологічній тканині, мрад/рік;

$H_1$  - потужність еквівалентної дози в біологічній тканині, мбер/рік;

$H_2$  - потужність ефективної дози в тілі людини, мбер/рік.

За своєю природою енергетичний спектр  $\beta$ -частинок безперервний аж до деякої граничної енергії  $E_0$ . Для розглянутих радіонуклідів значення  $E_0$  досягає 3,2 МЕВ, зазвичай не перевищуючи 2 МЕВ [2]. Крім того, в деяких видах ядерних перетворень цей процес відбувається тоді, коли енергія переходу між двома ядерними енергетичними рівнями переноситься на електрон атомної оболонки. Еквівалентна доза, створювана електронами, багато в чому залежить від типу спектра і енергії і визначається за виразом:

$$D=F*h_m, \quad (1.2)$$

де  $D$  - еквівалентна доза в тканині, Зв;

$F$  - Флюенс електронів на опромінюваній поверхні, часток/см<sup>2</sup>;

$h_m$  - максимальна еквівалентна доза на одиничний флюенс, Зв·см<sup>2</sup>·часток-1 (значення наведені в табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Значення еквівалентних доз на одиничний флюєнс для електронів різних спектрів і енергій [3]

Моноенергетичні електрони			β-частки		
Енергія електронів, MeV	Еквівалентна на одиничний флюєнс доза $h_m, 10^{-10} \text{ Зв} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{часток}^{-1}$		Гранична енергія бета-спектра, MeV	Максимальна еквівалентна доза на одиничний флюєнс $h_m, 10^{-10} \text{ Зв} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{часток}^{-1}$	
	Ізотропне поле	Паралельний пучок		Ізотропне поле	Паралельний пучок
0,1	3,2	16,0	0,2	40,0	28
0,2	4,5	8,7	0,3	2,0	19
0,3	4,0	6,3	0,4	2,6	14
0,5	3,8	4,6	0,5	3,0	12
0,8	3,7	3,9	0,7	3,5	8,6
1,0	3,7	3,7	1,0	3,7	6,3
2,0	3,7	3,3	1,5	3,8	4,7
3,0-10	4,0	3,2	2,0	3,9	4,2
			2,5	4,0	4,0
			3,0	4,0	3,9
			3,5	4,0	3,8

Приблизно половина дочірніх продуктів обох рядів природних радіонуклідів розпадається з виділенням  $\alpha$ -частинок. Їх енергія досягає 8,8 MeV, в основному в діапазоні 5 MeV. Діапазон  $\alpha$ -частинок в повітрі таких енергій становить 8,5 см і 3,5 см відповідно [4]. Утворення  $\alpha$ -потоків пов'язане з дуже тонким шаром емітера, тому їх потік з поверхні на порядки менше потоку  $\beta$ -частинок. В результаті немає сенсу розглядати віддалене зовнішнє  $\alpha$ -опромінення. Однак, коли альфа-випромінювачі вступають в безпосередній контакт зі шкірою, їх небезпека різко зростає через сильне руйнування в базальному шарі шкіри.

## 1.2 ВНУТРІШНЄ ОПРОМІНЕННЯ

При надходженні в депо органів частина радіонуклідів надходить в кровоносні судини і розподіляється по всьому організму разом з кровотоком. В результаті частина радіонуклідів осідає з крові у внутрішніх органах і тканинах, не пов'язаних безпосередньо із зовнішнім середовищем, подальша їх частка визначається як властивостями самих радіонуклідів, так

і метаболічними процесами організму. В результаті інкорпоровані радіонукліди частково розпадаються, частково виводяться з організму за рахунок біологічних обмінних процесів. Будучи інкорпорованими протягом деякого часу в органи і тканини, радіонукліди створюють внутрішнє опромінення [5, 6, 7].

Для персоналу надходження радіонуклідів з розглянутого об'єкта, швидше за все, відбувається шляхом вдихання.

Ефективна очікувана доза внутрішнього випромінювання для інгаляції суміші радіонуклідів визначається за виразом:

$$D = \sum_i h_i(g) * A_i, \quad (1.3)$$

де  $D$  - ефективна очікувана доза, Зв;

$A_i$  - надходження  $i$ -го радіонукліда в організм, Бк;

$h_i(g)$  - очікувана ефективна доза на одиницю надходження, Зв/Бк.

Як правило, при оцінці інгаляційної дози АМАД аерозолів приймається рівною 1 мкм.

Утворення радіоактивних аерозолів відбувається двома шляхами: в результаті дефляції радіонуклідів, присутніх в речовині, або в результаті розпаду радону в повітрі.

Для оцінки середнього вітрового підйому радіоактивних аерозолів з великих забруднених поверхонь (наприклад, ділянки осушення шламу) можна використовувати коефіцієнт дефляції, рівний відношенню об'ємної концентрації радіонукліда в повітрі до його щільності в поверхневому шарі ґрунту:

$$R = C / \delta, \quad (1.4)$$

де  $R$  - коефіцієнт дефляції, м-1;

$C$  - концентрація радіонуклідів у повітрі, Бк/м<sup>3</sup>;

$\delta$  - щільність поверхневого забруднення ґрунту, Бк/м<sup>2</sup>.

На посилення вітру сильно впливають багато факторів. Волога допомагає зв'язувати частинки в агрегати. Дрібні частинки можуть служити для зміцнення зв'язку між великими частинками. Наявність нафти і мазуту також сприяє зв'язуванню частинок.

Коефіцієнт дефляції вивчався в основному для радіоактивних опадів на поверхні ґрунту. Варіація значень коефіцієнта дефляції може лежати в

межах 3-5 порядків, іноді її варіабельність досягає великих значень (7-8 порядків) [8, 9]. Коефіцієнт дефляції сильно залежить від віку забруднення поверхні ґрунту. Для "свіжих" опадів коефіцієнт підйомної сили вітру дорівнює  $1 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$  і падає для "старих" опадів до значень  $6 \cdot 10^{-10} - 1 \cdot 10^{-13} \text{ м}^{-1}$  [10].

Будучи інертним газом, ізотопи радону знаходяться в атмосфері в атомарному стані. Вони не прикріплюються до ядер конденсації (частинок пилу, важких іонів і т.д.) і тому самі аерозолі безпосередньо не утворюються. Радон не затримується в організмі, тому він практично безпечний. Радіоактивні аерозолі утворюються в результаті приєднання до ядер конденсації продуктів розпаду еманції, що складаються з ізоотопів полонію, вісмуту і свинцю.

У закритій посудині радіоактивний баланс між першими п'ятьма продуктами розпаду радону настає через 2-3 години. У реальних умовах зазвичай спостерігається зсув балансу в бік переважання атомів  $^{218}\text{Po}$ , що викликано зносом атомів  $^{214}\text{Pb}$  і  $^{214}\text{Bi}$  через рух повітря. У реальних умовах рівновага продуктів розпаду торону збуджується в ще більшій мірі через дуже тривалий (відносно) період напіврозпаду  $^{212}\text{Pb}$  [11].

## 2 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

### 2.1 ВПЛИВ РАДІАЦІЇ НА ЕКОСИСТЕМИ

Вплив радіації на екосистеми. Зрозуміло, що здоров'я будь-якої людини залежить від радіаційної обстановки на планеті в цілому і в конкретних екосистемах, від місця його проживання зокрема.

Радіоекологія простежує шлях перенесення радіонуклідів від абіотичних компонентів екосистем по харчовому ланцюгу до споживача, тобто весь екологічний шлях впливу. Радіонукліди впливають на біоценоз на кожному трофічному рівні. При фізичному впливі радіонукліди виділяються з промислового обладнання димовими трубами або стічними водами і безпосередньо опромінюють живі організми (забруднення, повінь). Через інгаляцію (вдихання) газоподібних речовин і аерозолів і прийом їжі радіонукліди фізіологічно потрапляють в організм людини, де поширюються і опромінюють його зсередини.

Проходження радіонуклідів в екосистемі залежить від структури ґрунту, яка пов'язує їх атоми з різними силами. Швидкість проникнення в біоценози визначається типом рослин, їх віком, температурою і вологістю, а також складом поживних речовин ґрунту.

Надходження радіонуклідів в організм консула також залежить від його типу і віку, стану харчування, наявності вітамінів і мікроелементів. В цілому збільшення потужності дози опромінення призводить до посилення трансформації біоценозів і, нарешті, екосистеми.

Рослини мають різну чутливість до іонізуючого випромінювання. Повільне зростання і часткова загибель нестійких і пошкоджених видів рослин свідчить про значну потужність цієї екосистеми. Тварини реагують на радіацію набагато більш чуйно, ніж рослини, і на різних стадіях свого розвитку по-різному. Небезпека радіації зменшується від Вищих до нижчих хребетних і комах, а також одноклітинних.

Однак сучасне розуміння механізмів впливу малих доз радіації на екосистеми спростовує поширене раніше твердження про те, що

інтенсивне опромінення викликає відповідну реакцію екосистеми і, навпаки, при слабкому опроміненні екосистема відчуває незначні впливи. Слабкий, але стійкий вплив радіації на екосистеми може призвести до значних екологічних наслідків.

Різні способи передачі доз опромінення на компоненти природного середовища визначають особливості негативних динамічних процесів, що розвиваються в результаті радіаційного впливу. Якщо доза отримана за відносно короткий проміжок часу, протягом якого існуючий стан екосистеми не встигає змінитися, опромінення називають гострим. Накопичення дози, яке досягається повторним гострим опроміненням, вважається гострим фракціонованим.

Метод радіаційного опромінення, коли екосистема отримує дозу за період, що значно перевищує тривалість гострого опромінення, і під час опромінення її стан функціонування екосистеми може істотно змінитися, називається пролонгованим. Тривале опромінення є безперервним і фракціонованим. Якщо екосистема піддається впливу радіації протягом усього періоду свого існування, то цей ефект носить хронічний характер.

Важливо мати на увазі, що вплив численних гострих або довгострокових впливів на екосистеми може проявитися не відразу, а через кілька (іноді навіть десятків) років. Цей латентний (прихований) період відрізняється для окремих компонентів природного середовища.

Залежність ефекту радіоактивного забруднення екосистеми від дози одержуваного нею випромінювання є нелінійною функцією. Через певні проміжки часу малі дози радіації викликають більш сильний ефект радіоактивного забруднення екосистеми, ніж великі.

Труднощі визначення впливу малих доз радіації на навколишнє середовище обумовлена нерозумінням двох процесів-накопичення радіонуклідів і синергії радіації та інших негативних факторів навколишнього середовища. Перший процес вивчений більш глибоко, його сенс полягає в множенні концентрації різних радіонуклідів від трьох причин: фізичного накопичення; ландшафтного накопичення і біоаккумуляції в живих організмах екосистем.

Явище фізичного накопичення радіоактивних речовин зазвичай

вважається маловивченим. Відомо, що накопичення радіонуклідів у всій атмосфері планети збільшується в межах певних географічних широт. На концентрацію радіонуклідів також впливають потужні геомагнітні поля і електростатичні сили. Прикладом ландшафтного накопичення є явище накопичення радіоактивних речовин в стоках або знижених ділянках ландшафту, а саме в заплавах річок, ярах, ярах, улоговинах і т. д. Біоаккумуляція передбачає збільшення концентрації радіонуклідів в живих організмах в порівнянні з їх рівнем в навколишньому середовищі. Це біологічне накопичення ще більше посилює вплив радіації на ґрунтовий покрив, водні та повітряні маси екосистем.

Найбільш складним явищем вважається синергізм, що полягає в тому, що ефект радіоактивного забруднення множитьсся на його одночасну дію з хімічними речовинами (пестицидами, важкими металами, діоксидами та ін.) і фізичного (електромагнітного, температурного і шумового впливу) забруднення.

Наприклад, невеликий надлишок пестицидів або ртуті в ґрунті посилює вплив радіації на навколишнє середовище. Найбільш ретельно вивчено вплив радіації на живі організми. Дослідження рослинних спільнот і популяцій тварин в районах з високим природним або техногенним радіоактивним фоном показують, що, з одного боку, спостерігається значна кількість генетичних аномалій, а з іншого боку, популяції стають більш стійкими до радіаційних навантажень. Радіоадаптаційні процеси неможливі, якщо біогеоценози не володіють широкою індивідуальною мінливістю популяцій в плані радіочутливості і немає матеріалу для природного відбору (Позолотіна, 1996).

Відомо, що будь-яка мала доза опромінення живих компонентів екосистеми трансформує структуру біогеоценозу в цілому, змінює його реакцію на зовнішні впливи, а також його взаємини з іншими біогеоценозами. Це випромінювання накопичується протягом багатьох поколінь. У той же час це призводить як до розвитку радіоадаптації, так і до численних генетичних змін в біогеоценозах, а також до підвищеної чутливості до дії різних деструктивних факторів.

Це важливо для підтримки стабільності, нормального функціонування

та розвитку екосистем.

## 2.2 ВПЛИВ НА РОСЛИННИЙ СВІТ

Первинні реакції в складному рослинному організмі починаються з впливу радіації на біологічно активні молекули, що входять до складу практично всіх компонентів живої тканини. У той же час відбувається онтогенетичне збільшення часу на початку непомітного пошкодження деяких молекул до чітко виявлених біологічних наслідків на організаційному рівні. Радіаційне пошкодження меристеми призводить до пошкодження всієї рослини, а загибель цих тканин до загибелі всього організму.

У вегетуючих рослин спостерігається значна варіабельність змін обмінних процесів, яка залежить від дози опромінення і фази розвитку в момент опромінення. Реакція рослин на радіацію залежить від таких факторів, як генетичний потенціал сорту або гібрида і режим опромінення. Відновлення після обробки або, навпаки, посилення ураження залежить від умов, в яких знаходиться рослина після опромінення.

Візуально ефект придушення ростових процесів у рослин проявляється після одноразового опромінення, зазвичай в перші 5-7 днів. У злаків може спостерігатися уповільнення зростання основного втечі в висоту, а також збільшення вегетативної маси. Так, при гострому опроміненні злаків у фазі розвитку 2-4 листків загальна куцистість може збільшуватися до 3 разів. Хронічне опромінення в ряді випадків сприяє майже 25-кратному збільшенню куциння, що призводить до збільшення вегетативної маси в період збирання врожаю майже в 6 разів. При впливі ушкоджують доз радіації у рослин виникають різні морфологічні аномалії.

У деяких випадках вплив високих доз радіації на рослини збільшує швидкість розвитку за рахунок активізації процесів старіння-рослини починають цвісти і дозрівати швидше. Прискорений розвиток опромінених рослин пов'язаний з інтенсивним надходженням поживних речовин в опромінені мембрани і накопиченням окремих метаболітів.

Гостре радіаційне пошкодження проростаючих насіння або



вегетуючих рослин призводить до їх загибелі через кілька годин після опромінення.

При впливі радіації в діапазоні малих доз прискорюється швидкість росту вегетуючих рослин. Це явище називається Радіо стимуляції. Стимулюючий ефект може проявлятися за рахунок того, що утворюються продукти радіолізу і розпаду низькомолекулярних і високомолекулярних сполук при низьких концентраціях збудливо впливають на клітини в результаті слабкої (стимулюючої) інтоксикації.

Проростки і вегетуючі рослини більш чутливі до радіації, ніж насіння, що викликає значно менші дози, що стимулюють ріст і розвиток. Стимулюючі дози для молодих рослин у фазі активного обміну речовин в 10-15 разів менше, ніж для насіння, що знаходяться в стані спокою.

Найбільш підходящим критерієм радіочутливості сільськогосподарських рослин вважається їх виживаність до кінця вегетаційного періоду. Цей показник відображає високу специфічність реакції населення на радіацію як фактор стресу. При цьому враховується здатність тканин до регенерації і відновлення променевих ушкоджень. В якості показника виживання опромінених рослин або рослин, що ростуть з опромінених насіння, використовують смертельну дозу опромінення, при якій гинуть 100% рослин ЛД100 і ЛД70 (загибель рослин становить 70%). ЛД70 вважається критичною дозою опромінення насіння і використовується частіше, ніж ЛД100 для характеристики радіостійкості видів.

У більшості культур дози опромінення, що викликають загибель 50-70% рослин, призводять до повної втрати продуктивності. Є періоди розвитку рослин, під час яких вони найбільш чутливі до радіації. Так, опромінення рослин в самий радіочутливий період кушіння-вихід в трубку призводить до загибелі конуса зростання основного втечі.

При опроміненні вегетуючих рослин основних зернових культур в період їх найбільшої чутливості до радіації у фазі надходження в трубку-втрати врожаю зерна знаходяться в прямій залежності від радіочутливості культури. Жито найбільш чутливе до радіації, пшениця і ячмінь менш чутливі, а овес ще більш радіорезистентний. Просо має високу

стійкість до опромінення сільськогосподарських культур.

Одна з найбільш радіочутливих культур-горох. Чутливий до радіації картопля. Озимий і ярий ріпак і соняшник мають високу радіочутливість.

Під впливом опромінення зменшується не тільки кількість зерна в урожаї, а й помітно змінюється його якість звичайно, зерно з опромінених рослин виявляється нікчемним. Це пов'язано зі зниженням вмісту основного резервного речовини ендосперму-крохмалю, на частку якого припадає до 80% маси зерна в повноцінному зерні. Зменшення вмісту вуглеводів в зерні збільшує вміст азотовмісних речовин, в першу чергу білків. При опроміненні рослин у фазі виходу в трубку-заробіток вміст білка в зерні м'якої пшениці збільшується на 2-4%, а в зерні твердої пшениці-на 4-10%, але загальний вихід клейковини і її якість в зморщених насінні, звичайно, низькі, що різко погіршує хлібопекарські якості борошна.

Вплив радіації на вегетуючі рослини впливає на якість висіву насіння, що утворюються з них. Він взагалі зменшує енергію проростання і лабораторного проростання. Максимальне зниження подібності у ярої пшениці спостерігається при опроміненні її в фазу колосіння і цвітіння.

На продуктивність опромінених культур істотно впливають погодні умови, погіршення яких, як правило, посилює гальмуючу дію опромінення на ростові процеси рослин, уповільнює швидкість проходження фенофази, подовжує вегетаційний період і, таким чином, негативно позначається на кінцевій продуктивності культури. За наявними в експериментах даними, при гострому опроміненні ярої пшениці гамма-променями погіршення погодних умов збільшувало радіаційну депресію врожаю до 4 разів.

Таким чином, можна відзначити, що реакція рослин на радіацію, як і на вплив інших факторів навколишнього середовища, складна і різноманітна. Вона включає в себе процеси, що відбуваються на молекулярному і клітинному рівнях, які в цілому схожі у всіх живих організмах. При переході на більш високі рівні організації починають проявлятися особливості реакції на випромінювання, характерні тільки для рослин і залежать від особливостей будови і функцій різних тканин і органів рослинного організму.

Наявність в життєвому циклі рослин певної стадії розвитку, подібно

насіння, що містить зачатки нового організму, і знаходиться в своєрідній сплячці, призводить до іншої особливості реакції рослин на випромінювання, так як насіння, в зв'язку з анаболічним станом його структур, набагато більш радісно, ніж активно метаболізується організмом.

У процесі онтогенетичного розвитку рослин виникають численні спеціалізовані тканини і органи, радіаційне ураження яких Різне, має різне значення для рослинного організму в цілому і його економічної продуктивності зокрема.

## 2.3 НАСЛІДКИ ВПЛИВУ НА ЛЮДИНУ

За останні 100 років людство навчилося використовувати радіонукліди для різних цілей: медицини, виробництва енергії, ядерної зброї і т.д. Це призвело до збільшення дози опромінення як окремих людей, так і світового населення в цілому. У той же час індивідуальні дози, одержувані людьми від різних штучних джерел випромінювання, занадто різні. У більшості випадків такі дози незначні, але іноді випромінювання від штучних джерел в тисячі разів інтенсивніше, ніж від природних.

Після відкриття явища радіоактивності і протягом багатьох років основним показником впливу на людину в якості основного об'єкта радіоекологічних досліджень вважалося почервоніння шкіри. До 50-х років XX століття єдиним фактором прямого радіаційного впливу на організм людини вважалося пряме променеве ураження шкіри, головного мозку, центральної нервової системи і шлунково-кишкового тракту в результаті гострої променевої хвороби.

Однак одним з найбільш ефективних ефектів опромінення всього живого на планеті, в тому числі і людини, було руйнування білкових молекул і утворення нових, нехарактерних для цих організмів молекул. У разі сильного радіаційного впливу на організм людини організм не встигає створити антитіла, необхідні для боротьби з чужорідними білковими утвореннями, і розвивається захворювання, зване лейкемією або лейкозом пухлинним ураженням крові.

Ще одним небезпечним наслідком впливу на людину низьких доз радіації є рак-злоякісне новоутворення в організмі. Найбільш поширеними видами раку є рак молочної залози і рак щитовидної залози. Рак інших органів і тканин серед опроміненого населення зустрічається значно рідше. Навіть невелика доза збільшує ймовірність розвитку раку, а будь-яка додаткова доза опромінення значно збільшує цю ймовірність.

Найстрашніше для майбутнього людства-це свідчення того, що променеві порушення (генні, хромосомні і геномні мутації) успадковуються багатьма наступними поколіннями. Близько 10% новонароджених мають всілякі генетичні дефекти, в тій чи іншій мірі викликані впливом радіації. Радіація прискорює процес старіння людини, а значить, скорочує тривалість його життя. Перелік впливів іонізуючого випромінювання на людину постійно зростає. Сьогодні вона включає в себе наступні захворювання (Яблоков, 2002):

- 1) гостра променева хвороба;
- 2) розвиток лейкозу, лейкемії та інших видів раку крові;
- 3) виникнення злоякісних новоутворень (ракових захворювань) будь-яких органів;
- 4) порушення генетичного коду (мутаційні зміни);
- 5) ураження нервової системи, кровоносних і лімфатичних судин;
- 6) пошкодження органів зору, помутніння кришталика ока, розвиток катаракти;
- 7) порушення обміну речовин і ендокринного балансу;
- 8) поява тимчасового або постійного безпліддя і імпотенції;
- 9) розвиток імунодефіциту, підвищена чутливість організму до загальних захворювань;
- 10) порушення психічного та інтелектуального розвитку;
- 11) прискорення старіння організму.

Численні публікації присвячені доказам того, що ці захворювання в значній мірі викликані радіацією (Бочков, 1976; Гродзінський, 2000; Москальов, 1991; Шубик, 1977; Яблоков, 2001 та ін.). матеріал для цього переліку зібраний на основі результатів аналізу наслідків радіаційних аварій (особливо Чорнобильської), атомних бомбардувань Хіросіми і Нагасакі в

1945 році, наслідків виробництва і випробувань тисяч ядерних бомб, даних радіології та радіотерапії та ін.

Під тиском переконливих фактів, отриманих за результатами радіоекологічних досліджень державними установами і вченими-ядерниками в багатьох країнах світу, зв'язок з радіацією поступово визнається все більшим числом серйозних захворювань людини. Ось лише один з офіційних переліків захворювань, складених на основі новітніх американських і російських даних про хвороби, що виникли або загострилися під впливом радіації:

- 1) гостра і хронічна променева хвороба;
- 2) місцеві променеві ураження;
- 3) лейкемія;
- 4) лейкоз;
- 5) рак легенів;
- 6) рак щитовидної залози;
- 7) рак шлунка;
- 8) рак печінки;
- 9) рак молочної залози;
- 10) рак шкіри;
- 11) інші види раку органів і тканин;
- 12) злоякісні лімфоми;
- 13) злоякісні пухлини головного мозку;
- 14) злоякісні пухлини кісток і суглобових хрящів;
- 15) мієломна хвороба;
- 16) апластична анемія;
- 17) еритрономелалгія;
- 18) інші Онкологічні захворювання.

Різні радіонукліди мають свої особливості утримання і концентрації в органах і тканинах людини. Так, крім зовнішнього впливу на людину, існує ще й внутрішнє випромінювання, викликане радіонуклідами, що надходять в організм з їжею, водою, атмосферним повітрям або через пошкоджену шкіру. Доза внутрішнього і зовнішнього опромінення людини при певних умовах радіоактивного забруднення екосистеми різниться в сотні разів,

причому найбільшою є як внутрішня, так і зовнішня радіація.

Вплив будь-якої малої дози радіації на ту чи іншу екосистему носить більш еволюційний характер-звичайний рівень змінює її внутрішню структуру і взаємини з сусідніми екосистемами. Навіть найменші дози радіації можуть впливати на функціонування, динаміку і розвиток екосистем.

					ТС 17510280	Арк.
Вул.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

### 3 ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ВІД ДЖЕРЕЛ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ

В даний час методологія знезараження включає в себе велику кількість методів видалення радіонуклідів з поверхонь. Поряд із застосуванням найпростіших методів, таких як протирання поверхонь ганчірками або чищення щітками, застосовуються складні технології, що вимагають додаткового обладнання [12]. За механізмом дії технології знезараження можна розділити на три групи:

- механічне видалення забруднень,
- часткове розчинення радіоактивних речовин при обробці поверхні неагресивними знезаражувальними розчинами;
- фізико-хімічні методи застосовуються для часткового руйнування або розчинення поверхні або поверхневого шару дезактивованого матеріалу.

На практиці часто використовуються методи знезараження, що поєднують фізичні, хімічні і механічні процеси. Наприклад, дуже хорошим прикладом є технології дезактивації, використовувані для виведення з експлуатації ядерного об'єкта або установки (таблиця 3.1).

Методи знезараження поділяються на рідинні (фізико-хімічні), безрідинні (переважно механічні) і Комбіновані.

### 3.1 Хімічна дезактивація

Процес знезараження і вимоги до знезаражувальних розчинів визначаються хімічним складом забруднень. Хімічні знезаражувальні розчини повинні розчиняти забруднення або переводити його в розчин і утримувати в розчиненому стані.

Для деяких матеріалів і деяких видів забруднень ефективна дезактивація можлива з використанням найпростіших неагресивних розчинів. Однак найчастіше доводиться використовувати більш сильні реагенти, вибір яких в кожному конкретному випадку визначається властивостями матеріалу і характером забруднення. Видалення міцно закріплених забруднень (тобто тих, що утворюються в результаті адсорбції або дифузії) пов'язане з певними труднощами: в цих випадках поверхню обробляють спеціально підібраними розчинами хімічних речовин. Оскільки повне видалення такого забруднення з поверхні зазвичай неможливо, результати знезараження вважаються задовільними, якщо залишкове забруднення не перевищує встановленого допустимого значення.

					ТС 17510280	Арк.
Вул.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24



Таблиця 3.1. Основні методи дезактивації [12]

Метод	Великі обсяги і замкнуті системи	Окремі блоки	Поверхня будівель і будівель <sup>а</sup>
<b>Хімічна дезактивація</b>			
Хімічні розчини	* <sup>б</sup>	*	*
Багатофазні процеси обробки	*	*	
Пінна дезактивація	*		*
Гели	*	*	*
Порошкова дезактивація	*	*	
Дезактивація аерозолями	*	*	
Газова дезактивація	*		
<b>Механічна дезактивація</b>			
Змивання водою	*	*	*
Обробка пілососом, протирання, підмітання		*	*
Абразивна чистка		*	*
Продувка CO <sub>2</sub>		*	*
Промивання рідким азотом під високим тиском		*	*
Промивання струменем фреону		*	*
Продування вологим льодом		*	*
Водяний струмінь високого і надвисокого тиску	*	*	*
Кирківка / сколювання / скоблення			*
Вспучиваючий розчин			*
<b>Інші методи дезактивації</b>			
Електрополірування	*	*	
Ультразвукова очистка		*	
Плавлення		*	
<b>Нові методи</b>			
Світлова абляція		*	*
Мікрохвильове сколювання		*	*
Теплове руйнування			*
Мікробний вплив			*
Електрополірування		*	*
Екзотермічні металізовані пасти			*
Надкритичне екстрагування рідиною			*

<sup>а</sup> - Включаючи бетонні, цегляні або металеві поверхні, такі як облицювання, паливні баки тощо.

<sup>б</sup> - Знак \* вказує на основний спосіб використання

Іноді знезараження проводять комплексними миючими розчинами, що особливо ефективно на першому етапі знезараження.

Склад дезактивирующего розчину повинен бути обраний таким чином, щоб дотримувалися наступні умови:

- розчин повинен швидко і повністю змочити оброблену поверхню.;
- розірвати зв'язок радіоактивної речовини з поверхнею і перевести його в розчин;;
- запобігати повторній сорбції радіоактивних забруднень на поверхні.

Недотримання хоча б однієї з цих вимог не матиме бажаного ефекту або може призвести до більш сильної фіксації радіоактивного забруднення. Негативний ефект часто спостерігається в разі попередньої обробки поверхневих вод: незважаючи на те, що частина забруднень видаляється, інша частина рівномірно розподіляється по поверхні матеріалу, а нейтральне середовище сприяє сильній іонообмінної адсорбції поверхневих матеріалів багатьох радіонуклідів. Застосування агресивних розчинів, що ушкоджують поверхню матеріалів, що підвищують їх сорбційну здатність, призводить до більш тяжких наслідків. Як правило, такі поверхні неможливо деактивувати при повторному забрудненні.

Основними компонентами чистячих розчинів є вода, поверхнево-активні речовини (ПАР), комплексоутворювачі і активні добавки.

Водні розчини колоїдних поверхнево-активних речовин мають гарну суспендуючу, емульгуючу і піноутворюючу здатність, що визначає миючі властивості розчинів на їх основі. Застосування поверхнево-активних речовин в чистячих розчинах засноване на їх здатності знижувати поверхневий натяг води, що призводить до більш повного змочування поверхні, десорбції забруднень і утримання їх в розчині. Ці речовини є м'якими універсальними миючими засобами, які можуть бути використані для обробки всіх поверхонь, обладнання, одягу та виробів зі скла. Майте на увазі, що вони не підходять для видалення продуктів корозії металу і старої бруду.

За хімічною будовою поверхнево-активні речовини діляться на дві основні групи: іонні і неіонні. Якщо аніони (катіони) мають поверхневу

активність, то такі поверхнево-активні речовини називаються аніон-активними (катіонними). Вибір типу поверхнево-активної речовини багато в чому визначається умовами забруднення поверхні. Найчастіше радіоактивне забруднення викликане присутністю катіонів. наявні аніон-активні поверхнево-активні речовини більш ефективні для такого забруднення.

Комплексоутворюючі речовини, що вводяться до складу дезактивуючих розчинів, утворюють стійкі комплекси з радіонуклідами і перешкоджають утворенню осаду в розчинах або повторної сорбції. В якості таких речовин використовуються поліфосфати, що взаємодіють з лужноземельними і важкими металами. З них часто використовується гексаметафосфат натрію (ГМФН). Серед органічних комплексоутворювачів слід відзначити етилендіамінтетрауксусную кислоту (ЕДТА) і її натрієву сіль, додавання яких дає можливість зв'язувати радіонукліди в іонній формі (ефективність знезараження промиванням при використанні ЕДТА зростає майже в 5 разів). Однак слід мати на увазі, що проблеми можуть виникнути при кондиціонуванні відходів, що містять комплексоутворюючі агенти.

До складу дезактивуючих чистячих розчинів також вводяться органічні і неорганічні добавки-активатори процесу дезактивації.

Присутність неорганічних кислот в дезактивуючих розчинах часто значно підвищує ефективність дезактивації, але кислоти, будучи сильними окислювачами, також є їх найбільш агресивним компонентом. Мінеральні кислоти в основному використовуються для руйнування оксидних плівок на поверхні металів і для очищення розчинів з низьким рН для підвищення розчинності і іонного обміну. Навіть при дезактивації кислотостійких матеріалів використання неорганічних кислот при першій обробці може привести до небажаного ефекту через перехід радіонуклідів в іонну форму, що може привести до посилення дифузії в матеріал. Тому для першої обробки слід використовувати лужні розчини, що містять поверхнево-активні речовини і комплексоутворюючі речовини.

Для дезактивації металевих поверхонь замість самих кислот можна використовувати їх солі, і особливо ефективно їх дію в поєднанні з різними кислотами. Органічні кислоти (мурашина, лимонна і щавлева кислоти,

перекис щавлевої кислоти) можуть бути використані для очищення металевих поверхонь і виробів з пластмас та інших полімерних композицій.

Органічні кислоти (мурашина, лимонна і щавлева) можуть бути використані для очищення металевих поверхонь і виробів з пластмас та інших полімерних композицій. Органічні кислоти використовуються в основному для знезараження діючих реакторних установок, в той час як вони використовуються в меншій мірі при виведенні з експлуатації ядерних установок [12]. Для знезараження металевих поверхонь їх солі можуть бути використані замість органічних кислот, і їх дія в поєднанні з неорганічними кислотами особливо ефективно.

Основні і кислотні солі (гідроксиди калію і натрію, карбонат натрію і трифосфат, карбонат амонію) використовуються як самі по собі, так і в розчині з іншими речовинами; вони ефективні для видалення жирових і масляних плівок, а також для нейтралізації кислот. Вони також використовуються як поверхневі пасиватори, для видалення фарби та інших покриттів, а також для видалення іржі. Крім того, вони діють як засіб забезпечення відповідного хімічного середовища для інших реагентів, таких як окислювачі.

Жоден з існуючих методів хімічної дезактивації не є універсальним для всіх забруднюючих складів і типів поверхонь. Багатофазні процеси обробки, комбінації різних хімічних речовин і процесів використовуються для підвищення ефективності знезараження. Хороші результати виходять при попереминому використанні різних розчинів, наприклад кислотних і лужних, окислювальних і відновних.

Наочним прикладом багатофазного процесу дезактивації є окислювально-відновний процес. Більшість окислювально-відновних методів багатостадійні: перша стадія-процес окислення з використанням перманганату калію в лужному середовищі для підвищення окисного стану іонів металів; наступна стадія-процес відновлення з розчиненням і перенесенням забруднюючих речовин в розчин. Інший приклад: після попередньої обробки дезактивованих нержавіючих і вуглецевих сталей перманганатом калію і промивання водою цитрат амонію добре діє за рахунок утворення розчинних цитратних комплексів з окисленими

формами іонів металів. Добавка ЕДТА (етилендіамінтетрауксусная кислота) також сприяє утриманню іонів металів в розчині і запобігає їх осадження [12].

Ефективність знезараження може бути підвищена при спільному використанні щіток і миючих засобів. Корисно використовувати більш високі температури обробки ( $70-95^{\circ}\text{C}$ ), але слід пам'ятати, що залежність ефективності знезараження від температури розчину для різних матеріалів різна. Таким чином, метали і скло знезаражуються гарячим миючим розчином значно краще, ніж холодним, і значне збільшення дифузії радіонуклідів в глибину полімерних матеріалів, поряд з підвищенням їх розчинності, призводить до зниження ефективності процесу знезараження. При дезактивації полімерних матеріалів майже на увазі, що деякі з них нестабільні при високих температурах. Тому першу обробку об'єктів, виготовлених з полімерних матеріалів, доцільно починати при низькій температурі ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ), подальше підвищення температури залежить від їх термостійкості.

### 3.1.1 ІНШІ МЕТОДИ ХІМІЧНОЇ ДЕЗАКТИВАЦІЇ

Пінне знезараження. Піна, утворена миючими засобами і миючими засобами, будучи носієм хімічно активних компонентів дезактивації, при невеликому обсязі вихідних розчинів дозволяє обробляти великі площі і обсяги. Метод добре розроблений і широко застосовується, особливо при очищенні об'єктів великого обсягу і складної форми. Перевагою способу є невелика кількість вторинних відходів (тобто обсяг вихідних розчинів після спінювання). Використовуване обладнання є недорогим, простим у використанні і підходить як для ручної, так і для віддаленої обробки. При знезараженні металоконструкцій складної форми пінне знезараження дозволяє повернути очищений метал у виробництво (переплав).

Хімічні гелі. В якості носіїв чистячих хімікатів можуть бути використані гелі, які наносяться на дезактивуруему поверхню з подальшим промиванням, протиранням або вискоблюванням. Метод ефективний в тих випадках, коли потрібен тривалий час контакту

зnezаражувального складу з поверхнею, що очищається, а також мінімізація вторинних відходів. Цей метод дуже добре зарекомендував себе при дезактивації бета - і гамма-випромінювачів на трубопроводах з м'якої сталі.

Дезактивація за допомогою паст. При зnezараженні металевих поверхонь, зокрема, виготовлених з нержавіючої сталі, широко застосовуються паста. Паста містяться в контейнері з наповнювачем, що представляє собою кислоту або суміш кислот. Іноді, щоб зруйнувати поверхневу плівку на поверхні, в пасту додають абразивний порошок, тим самим посилюючи хімічний вплив на поверхню.

Дезактивація за допомогою паст. При зnezараженні металевих поверхонь, зокрема, виготовлених з нержавіючої сталі, широко застосовуються зnezаражувальні паста. Паста містять наповнювач і дезактивуючі компоненти (кислоту або суміш кислот). Для забезпечення додаткового механічного впливу на оброблювану поверхню в пасту іноді додають абразивний порошок.

Аерозольне зnezараження. Спосіб полягає в нанесенні хімічного реагенту на оброблювану поверхню шляхом розпилення (у вигляді аерозолі). Наприклад, в Росії водокислотний аерозоль використовувався для зnezараження реакторного обладнання з рідкометалічним охолодженням.

Можливість застосування конкретного методу до інших матеріалів повинна розглядатися в кожному конкретному випадку. Крім обліку хімічного складу забруднюючих речовин і поверхонь, при виборі дезактивуючих складів слід також враховувати необхідність подальшої утилізації відходів, що виникають при дезактивації [12].

Для нанесення розчину на невеликі забруднені поверхні можна використовувати найпростіші розбризкувачі, рекомендовані для зnezараження і дегазації: ранцеве дегазаційний пристрій, пристрої для спеціальної обробки автомобілів, гідропульту, пристрої для обприскування рослин.

Методи хімічного зnezараження з використанням чистячих розчинів, незважаючи на їх широке застосування, мають недоліки, які посилюються зnezараженням великих поверхонь.

\* При знезараженні окремих ділянок може відбуватися поширення забруднення по всій поверхні.

\* Виникає необхідність видалення чистячого розчину, що ускладнюється наявністю важкодоступних місць.

\* Утворюється велика кількість рідких РАВ, що вимагають спеціальної обробки.

У зв'язку з цим в останні два десятиліття все більшого поширення набули методи "сухого" знезараження поверхні, засновані на застосуванні знезаражувальних покриттів (див.наступний розділ).

Слід додати, що розробка хімічних методів знезараження триває, так як в ряді випадків необхідно враховувати, наприклад, наслідки тих чи інших небажаних реакцій, що відбуваються між різними компонентами утворюються хімічних систем.

### 3.2 МЕХАНІЧНІ МЕТОДИ ДЕЗАКТИВАЦІЇ

У загальному випадку механічні методи застосовні для знезараження будь-якої поверхні, якщо забруднення зосереджено в приповерхневому шарі матеріалу. Ці методи представлені в таблиці 16.3 із зазначенням найбільш оптимального їх застосування (об'єкти і поверхні).

Нижче наводиться короткий опис деяких механічних методів. Більш детальну інформацію про ці та інші методи можна знайти в літературі, наприклад [12].

Чистка пирососом, щітками, протиранням. Цей метод полягає у фізичному видаленні пилу, аерозолів і частинок з поверхні за допомогою звичайної техніки очищення. Попереднє очищення за допомогою всмоктуючого обладнання дуже корисна для видалення великої кількості пухкої бруд.

Деактивація покриттів. Деактивація відбувається в два етапи. Спочатку нанесіть на забруднену поверхню полімерний очищувач (композицію, що містить полімери, поверхнево-активні речовини і комплексоутворювачі). Після затвердіння еластичний полімерний шар видаляється разом із забрудненням (тобто радіонукліди фіксуються і

локалізуються в плівці). Метод застосуємо до різних забруднювачів і будь-яких матеріалів. Цей метод ефективний для великих непористих поверхонь. Метод також застосуємо для захисту поверхонь обладнання та приміщень перед виконанням операцій, де можливе радіоактивне забруднення.

До складу входять водорозчинні полімери, такі як полівініловий спирт (ПВА), полівінілацетатна емульсія (ПВА), латекс (плівкоутворювальний); щавлева, лимонна, азотна кислоти, Трилон Б, ГМФН і ін. (відключення). При знезараженні полімерними покриттями видаляється більше 90% радіоактивного забруднення. У ряді випадків хороші дезактивуючі властивості проявляють композиції на основі полівінілового спирту з додаванням азотної кислоти: 10% - ний водний розчин полівінілового спирту з додаванням 5% - ного гліцерину і 1% - ної азотної кислоти.

Абразивна очистка. У методі використовуються різні типи абразивних порошків. Метод ефективний при видаленні рідкофазних або твердофазних забруднень з поверхні металів і бетону. Цей метод особливо корисний при очищенні плоских поверхонь, але він також може бути використаний при очищенні важкодоступних місць.

Продувка  $\text{CO}_2$  - це тип піскоструминної обробки, при якій для очищення використовуються гранули  $\text{CO}_2$ . Однією з переваг цього методу є те, що утворюється невелика кількість вторинних відходів. Промивання рідким азотом високого тиску також є різновидом піскоструминного методу, так як в струмінь рідкого азоту впорскується абразив. Видалення забруднень засноване на ефекті охрупчівання поверхневого шару матеріалу при впливі рідкого азоту і його видаленні абразивом. Промивання фреоновим струменем здійснюється шляхом направлення фреонового струменя високого тиску на поверхню, що очищається. Через строгих правил використання фреону, застосування методу обмежена.

У способі продувки вологим льодом суміш води і кристалів льоду подається на поверхню, що очищається за допомогою стисненого повітря. Цей метод використовується для видалення нестабільних покриттів і деяких твердофазних забруднень з поверхні бетону.



Типовим застосуванням методу струменя води високого і надвисокого тиску є очищення важкодоступних ділянок, таких як внутрішня поверхня трубопроводів і пористих металевих конструкцій. Тиск в струмені може перебувати в діапазоні від  $10^5$  до  $10^8$  Па. Залежно від тиску, струмінь води може видалити фарбу, інші покриття і оцинковані шари з поверхні металевих листів, не руйнуючи їх. Рекомендується використовувати цей метод для мінімізації відходів, зокрема при переробці та повторному використанні матеріалів.

При необхідності видалення тонкого шару бруду застосовують шліфування і вишкрібання поверхонь грубозернистими абразивами у вигляді водоохолоджуваних шліфувальних кругів або дисків з карбіду вольфраму. При знезараженні коридорів і стін можна використовувати алмазні шліфувальні круги.

Методи колування (надрізання), сколювання і стругання застосовуються при видаленні забрудненого шару бетону. Застосування цього методу залежить від наявності спеціальних інструментів, таких як відбійний молоток, який стріляє голками з пістолета. Покращена продуктивність була досягнута за допомогою вдосконалених інструментів, таких як обертовий скребок з карбіду вольфраму, оснащений барабаном, де видаляється матеріал збирається за допомогою вакуумної системи, оснащеної фільтрами.

Для видалення поверхневих забруднень будівельних конструкцій можна використовувати каменедробарки і відбійні молотки, які виступають в якості пуансонів. Оброблені ними поверхні стають шорсткими і нерівними.

### 3.3 АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ ДЕЗАКТИВАЦІЇ

Альтернативні методи знезараження забруднених поверхонь включають електрополіровку і ультразвукове очищення, а також плавку.

Електрополіровка - це метод анодування, при якому певна кількість матеріалу видаляється з поверхні виробу разом із забруднювачем. Спосіб підходить для будь-якого проводить металу при відсутності на ньому

ізолюючого покриття. Дезактивовані продукти або занурюють у ванну зі спеціально підібраним електролітом, або обробляють на місці шляхом нанесення вологих електродів і створення замкнутого контуру. Переваги методу - висока ефективність при невеликій кількості вторинних відходів.

Метод ультразвукового очищення заснований на перетворенні енергії високочастотних звукових коливань в механічну енергію (вібрацію). Сильний розпушуючий ефект створюється кавітацією чистячого розчину на поверхні продукту, зануреного в рідину. Метод застосуємо для невеликих виробів, переважно з нестабільними відкладеннями і нефіксованими (адгезійними) забрудненнями. Якщо в якості рідини використовується агресивний хімічний розчин, то синергетичний ефект ультразвуку і хімічних речовин може посилити дезактивируючий ефект.

Переробка металів і сплавів є одним із способів скорочення відходів. Плавку як метод знезараження можна розглядати тільки в деякому наближенні, так як ефект виділення багатьох радіонуклідів з розплаву і їх концентрація в шлаку супроводжують плавку металів.

Існує також ряд нових методів знезараження, розроблених в останнє десятиліття. Ці методи (іноді називаються "екзотичними") ще не набули широкого поширення, і їх ефективність і застосовність все ще підлягають оцінці. Відомості про ці методи можна отримати в спеціальній літературі [12].

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1 АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКИДЛИВИХ ФАКТОРІВ

У процесі виробничої діяльності є деякі недоліки і порушення системи охорони праці в частині організаційного, технічного, правового, соціально-економічного, медичного, профілактичного та санітарного захисту працівників, які можуть піддаватися впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Вимоги ГОСТ 12.0.003-74 [21] засновані на характеристиці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, де вони поділяються на наступні групи: хімічні, фізичні, психофізіологічні та біологічні. Посилаючись на цей нормативний документ, передбачені в ньому небезпечні шкідливі фактори (НСФ) мають два смислових значення. Вони можуть виступати як носієм об'єкта (джерелом) НСФ, так і властивостями конкретного об'єкта [22].

В даний час однією з основних промислових складових є Нафтогазова промисловість [23]. Видобуток, переробка і транспортування нафти - всі ланки, які пов'язані з нафтою, є невід'ємною частиною економіки і присутні на світовому ринку в значних обсягах [24]. Характерною особливістю трудової діяльності працівників нафтогазових підприємств [25] є вплив на працівників небезпечних і шкідливих факторів, що загрожують їх здоров'ю і життю.

Нафтопереробні заводи містять велику кількість небезпечних речовин і використовують технологічне обладнання [26], яке може завдати шкоди людям і природному середовищу [27]. Основне місце в області професійних захворювань нафтовиків займають захворювання опорно-рухового апарату і периферичної нервової системи. Крім того, через незбалансоване харчування зберігається ризик розвитку захворювань шлунково-кишкового тракту. Погіршення здоров'я працездатного населення, скорочення періоду активної працездатності, збільшення числа захворювань, інвалідності і навіть ранньої смертності, викликаних професійною діяльністю.

Автори багатьох робіт стверджують, що характерною особливістю сучасного виробництва є вплив на організм працюючих шкідливих факторів низької інтенсивності, які сприяють виникненню не тільки професійної хронічної, але і неспецифічної патології. Численні дослідження показали, що Умови праці нафтовиків як і раніше залишаються несприятливими і роблять істотний вплив на формування "прихованої" захворюваності, виявити яку можна тільки при поглибленому комплексному медичному обстеженні [28].

## 4.2 ЗАХОДИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Питання про захист людей від негативного впливу іонізуючого випромінювання виникло майже одночасно з відкриттям рентгенівського випромінювання і радіоактивного розпаду. Це обумовлено наступними факторами: по-перше, надзвичайно швидким розвитком застосування відкритого випромінювання в науці і практиці, і, по-друге, виявленням негативного впливу випромінювання на організм.

Заходи радіаційної безпеки застосовуються на підприємствах і, як правило, вимагають цілого комплексу різних захисних заходів, що залежать від конкретних умов роботи з джерелами іонізуючого випромінювання і, перш за все, від типу джерела випромінювання.

Замкнутими є будь-які джерела іонізуючого випромінювання, пристрій яких виключає проникнення радіоактивних речовин в навколишнє середовище в умовах їх експлуатації і зносу.

Це гамма-установки різного призначення; нейтронні, бета-і гамма-випромінювачі; рентгенівські апарати і прискорювачі заряджених частинок. При роботі з закритими джерелами іонізуючого випромінювання персонал може піддаватися впливу тільки зовнішнього випромінювання.

Захисні заходи щодо забезпечення умов радіаційної безпеки при використанні закритих джерел засновані на знанні законів поширення іонізуючих випромінювань і характеру їх взаємодії з речовиною.

Основними з них є:

- доза зовнішнього опромінення пропорційна інтенсивності випромінювання і часу впливу;
- інтенсивність випромінювання від точкового джерела пропорційна числу квантів або частинок, що виникають в ньому в одиницю часу, і обернено пропорційна квадрату відстані;
- інтенсивність випромінювання може бути зменшена за допомогою екранів.

З цих закономірностей випливають основні принципи радіаційної безпеки:

- 1) зменшення потужності джерел до мінімального розміру ("захист за кількістю");
- 2) скорочення часу, що витрачається на роботу з джерелом ("захист часу");
- 3) збільшення відстані від джерел до людей ("дистанційний захист");
- 4) екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання ("екранний захист").

Кращим захистом від рентгенівського і гамма-випромінювання є свинець і Уран. Однак, враховуючи високу вартість свинцю і урану, можна використовувати екрани з більш легких матеріалів свинцевого скла, заліза, бетону, залізобетону і навіть води. У цьому випадку, звичайно, еквівалентна товщина екрану значно збільшується.

Для захисту від бета-потоків доцільно використовувати екрани з матеріалів з малим атомним номером. В цьому випадку вихід гальмівного випромінювання невеликий. Звичайно, Органічне скло, пластик і алюміній використовуються в якості екранів для захисту від бета-випромінювання.

Відкриті джерела іонізуючого випромінювання-це ті, які можуть викликати потрапляння радіоактивних речовин в навколишнє середовище.

В цьому випадку може статися не тільки зовнішнє, але і додаткове внутрішнє опромінення персоналу.

Це може статися при попаданні радіоактивних ізотопів в робоче середовище у вигляді газів, аерозолів, а також твердих і рідких радіоактивних відходів: джерелами аерозолів можуть бути не тільки виконувані виробничі операції, а й забруднені робочі поверхні, Спецодяг і взуття. Основні принципи захисту:

- використання принципів захисту, що застосовуються при роботі з джерелами випромінювання в закритому вигляді;
- герметизація виробничого обладнання з метою ізоляції процесів, які можуть бути джерелами надходження радіоактивних речовин у зовнішнє середовище;;
- запланований захід;
- використання санітарно-технічних засобів і обладнання, використання спеціальних захисних матеріалів;
- використання засобів індивідуального захисту та санітарна обробка персоналу;
- дотримання правил особистої гігієни;
- очищення поверхонь будівельних конструкцій, обладнання та засобів індивідуального захисту від радіоактивного забруднення;
- застосування радіопротекторів (біологічний захист).

Радіоактивне забруднення спецодягу, засобів індивідуального захисту та шкіри персоналу не повинно перевищувати допустимих рівнів, передбачених нормами радіаційної безпеки НРБУ-97.

У разі забруднення радіоактивними речовинами особистий одяг і взуття повинні бути знезаражені під наглядом служби радіаційної безпеки, а якщо вони не можуть бути знезаражені, то повинні бути утилізовані як радіоактивні відходи.

Радіологія і ядерна медицина є одними з найбільш ефективних методів діагностики захворювань людини. Це визначає подальше зростання використання рентгенівських і радіологічних процедур або їх використання в більш широкому масштабі. Однак інтереси безпеки пацієнта зобов'язують нас прагнути до максимально можливого зниження рівня радіації, так як вплив іонізуючого випромінювання в будь-якій дозі поєднується з додатковим, ненульовим ризиком віддалених, стохастичних ефектів. В

даний час широко застосовуються організаційно-технічні заходи щодо зниження індивідуальних і колективних доз опромінення населення за допомогою діагностики:

- \* зміна структури досліджень на користь тих, які дають меншу дозоване навантаження;

- \* впровадження нового обладнання, оснащеного сучасною електронною технологією поліпшення візуального образу;

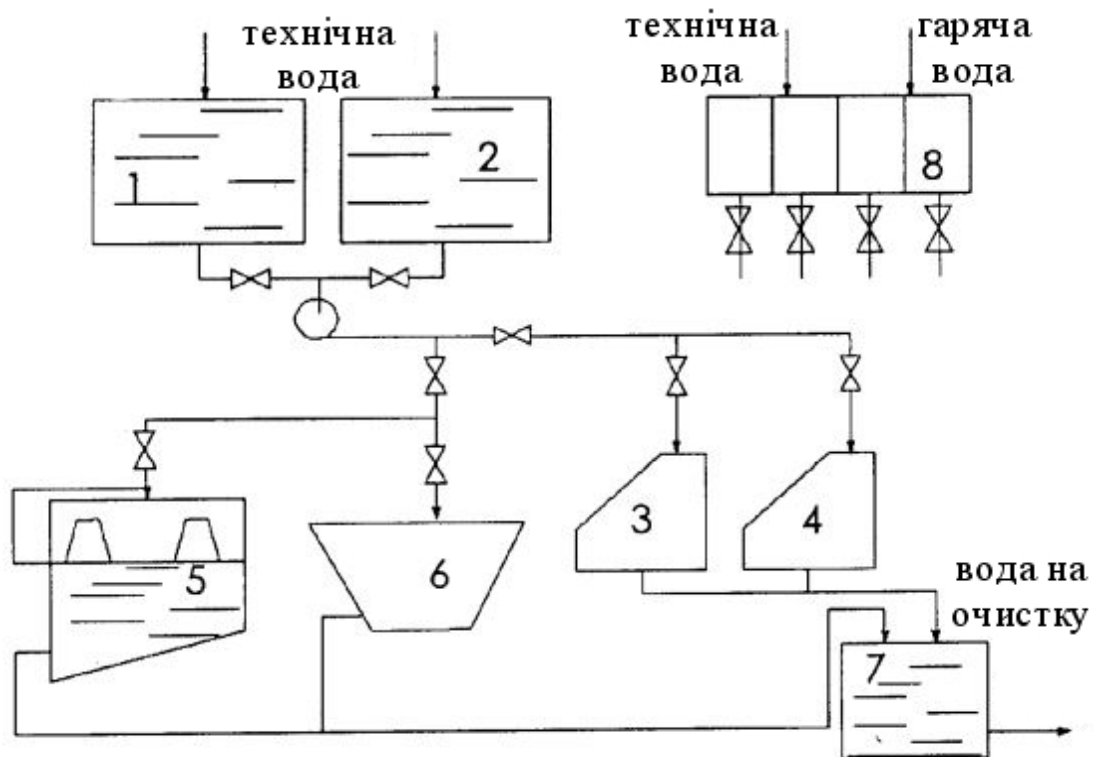
- \* використання екранів для захисту ділянок тіла, що підлягають обстеженню, і так далі.

Ці заходи, однак, не вичерпують проблеми забезпечення максимальної безпеки пацієнтів і оптимального використання цих методів діагностики. Система забезпечення радіаційної безпеки пацієнтів може бути повноцінною та ефективною, якщо вона доповнена гігієнічними нормативами допустимих доз опромінення.

## 4.3 ДЕЗАКТИВАЦІЯ ТРАНСПОРТУ, ОБЛАДНАННЯ ТА СПЕЦОДЯГУ

### 4.3.1 ДЕЗАКТИВАЦІЯ ТРАНСПОРТУ

Транспортні засоби, забруднені радіоактивними речовинами через недостатню герметизації контейнерів, недосконалих вантажно-розвантажувальних механізмів і т.д., є потенційними джерелами забруднення обслуговуючого персоналу, обладнання, дорожніх покриттів та інших об'єктів навколишнього середовища. Для знезараження спецавтомобілів проектується спеціальні мийні приміщення з окремо організованими вїздом і виїздом. Приклад ванної кімнати, де підлоги облицьовані листами нержавіючої сталі, а стіни і стеля покриті хімічно стійкими емаліями, показаний на (Малюнок 4.1). Промивна вода, забруднена радіоактивними речовинами, надходить на зливні сходи. Мийне відділення також оснащено блоком знезараження великих деталей і ємностей, а також припливно-витяжною вентиляцією з попередньо нагрітим повітрям.



Малюнок 4.1. Схема відділення мийки спеціального автотранспорту (1, 2 – ємності з технічною водою; 3, 4 – бокси для дезактивації; 5 – установка мийки контейнерів; 6 – ванна для дезактивації великогабаритних деталей; 7 – накопичувальна ємність; 8 – секційна ємність для дезактивуєчого розчину).

Витрата дезактивуєчих речовин на обробку транспортного засобу залежить від різних чинників: фізико-хімічних властивостей забруднюючої речовини, рівня забрудненості матеріалу, площі забруднення, часу контакту забруднюючих речовин з поверхнею матеріалу, форми і доступності ділянок поверхні та ін. Тривалість і якість дезактивації залежать від правильного підбору дезактивуєчих засобів і правильного проведення процесу.

#### 4.3.2 ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

Знезараження інструментів і деталей обладнання проводиться в знезаражувальних ваннах, заповнених знезаражувальним розчином. Для швидкого і ефективного знезараження дрібних деталей можна використовувати резервуар, оснащений мішалкою і нагріванням знезаражувального розчину до 90 - 100°C.



У приміщеннях, де проводиться робота з радіоактивними речовинами, слід проводити вологе Щоденне прибирання. У разі забруднення радіоактивними речовинами приміщення або окремих його ділянок (підлог, стін, столів) необхідно негайно приступити до заходів з дезактивації. В цьому випадку сухе забруднюючу радіоактивну речовину слід збирати злегка змоченою ганчіркою, не розмазуючи по чистих ділянках. Розчини збирають сухими, легко вбираються ганчірками або фільтрувальним папером; якщо проливається велика кількість радіоактивних рідин, їх необхідно засипати сухими тирсою.

Після цих початкових операцій залишився забруднення усувається обробкою знезаражувальними розчинами.

Як вже зазначалося, ефективність знезараження обладнання залежить від структури поверхні і властивостей матеріалу, з якого воно виготовлено. При знезараженні поверхонь, покритих пористими або легко змочуваними матеріалами (керамічна плитка, цемент), не залишайте знезаражувальний розчин на тривалий час, щоб уникнути поглинання розчину радіоактивною речовиною матеріалом.

Після закінчення знезараження поверхню промивають водою і протирають сухою чистою тканиною, після чого ефективність проведених операцій перевіряють відповідними радіометричними приладами.

Після закінчення знезараження поверхню промивають водою і протирають сухою чистою тканиною, після чого ефективність проведених операцій перевіряють відповідними радіометричними приладами.

### 4.3.3 ДЕЗАКТИВАЦІЯ СПЕЦОДЯГУ

Знезараження спецодягу визначається характеристиками радіоактивного забруднення і властивостями матеріалу, з якого вона виготовлена. Поверхневі забруднення одягу ефективно видаляються простою обробкою пилососом; видалення глибоких забруднень вимагає застосування рідкого методу, а саме прання. Спеціальний одяг, засоби індивідуального захисту та рушники піддаються знезараженню шляхом прання. Крім дозиметричного контролю, перед пранням проводиться

сортування одягу, що необхідно в зв'язку з тим, що допустимі рівні забруднення  $\alpha$ -активними препаратами нижче, ніж  $\beta$ -активними. Крім того, вона сортується за типом одягу: верхня, захисна і спеціальна. Знезараження проводиться в пральних машинах, режим прання вибирається в залежності від виду забруднення і властивостей оброблюваних продуктів. Вибір складу знезаражувального розчину заснований на тих же принципах, що і знезараження забруднених поверхонь.

Ефективність знезараження незабарвленого одягу нижче, ніж у кольорового одягу, так як незабарвлена бавовняна тканина має більшу сорбційної здатністю і характеризується менш повним загоєнням адсорбованих радіонуклідів. Підвищення температури промивання і ополіскування на 10-20°C знижує ймовірність повторного забруднення і скорочує тривалість операції. Недоліком описаного способу знезараження є велика витрата води (на одну тонну сухого одягу потрібно 60 м<sup>3</sup> води), який дещо знижується за рахунок оптимізації технологічного процесу. Стічні води від прання-це низькорівневі відходи, які можуть бути перероблені.

При знезараженні захисного одягу медичних установ, де використовуються радіоактивні матеріали, слід також враховувати необхідність дезінфекції та іншої спеціальної обробки.

## 5 ВИСНОВКИ

Проведений аналіз літературних джерел, щодо утворення техногенно-підсиленими джерелами іонізуючого випромінювання та їх впливу на навколишнє середовище. Радіоактивні відходи утворюються як протягом виробничого циклу, так і під час зняття установок з експлуатації.

Відходи поділяються на групи для забезпечення відповідності прийнятим методам обробки, а також вимогам зберігання і поховання. Дані про характер і властивості відходів передаються з однієї стадії обробки на іншу для їх реєстрації, обліку та документування. Це необхідно для своєчасного правильного вибору методу дезактивації відповідно до типу забруднювача, матеріалу забрудненої поверхні та її розмірів. Також наведено та проаналізовано класифікацію методів дезактивації.

Було проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори на підприємствах Нафтогазової промисловості та при роботі з техногенно-підсиленими джерелами іонізуючого випромінювання. Та розглянуто комплекс заходів щодо захисту персоналу від радіоактивного випромінювання під час роботи з техногенно-підсиленими джерелами іонізуючого випромінювання природного походження.

					ТС 17510280	Арк.
Вул.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

## 6 ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Голашвили Т.В., Чечев В.П., Бадиков С.А. Справочник нуклидов 4-е изд. М.: МЭИ, 2011. 462 с.
2. Бакаев В.А. Богданов С.Д. Обеспечение радиационной безопасности и производственный радиационный контроль. Изд-во политех. 2005. С. 20 26.
3. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97. Київ, 1997. 127 с.
4. Немец О.Ф., Гофман Ю.В. Справочник по ядерной физике Киев: Наукова думка, 1975. 416 с.
5. Березин И. И., Горбачев Д. О. Радиационно-гигиенические аспекты труда на предприятиях нефтегазового комплекса. Фундаментальные науки и практика. 2010. Т.1. № 3. С. 12 15.
6. Коренков И.П., Кириллов В.Ф. Вопросы гигиены труда персонала при работе с радиоактивными веществами. Медицина. 1998. С. 96 98.
7. Фоменко О. И. Гигиена труда при работе с источниками ионизирующих излучений. Астрахан. гос. мед. акад. 2002. С. 14 15.
8. Огородников Б.И. Свойства, поведение и мониторинг радона и торона и их дочерних продуктов в воздухе. Атомная техника за рубежом. 2001. №5. С. 14 25.
9. Титов В.К., Дашков Б.Н., Черник Д.А. Экспрессные определения радона в почвах и зданиях. СПб., 1992. 40 с.
10. Коган Р.М., Назаров И.М., Фридман Ш.Ф. Основы г - спектрометрии природных сред, 3 - е изд. М.: Энергоатомиздат, 1991. 232с.
11. Огородников Б.И. Свойства, поведение и мониторинг радона и торона и их дочерних продуктов в воздухе. Атомная техника за рубежом. 2001. № 5. С. 14 25.
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Storage of Radioactive Wastes, IAEA-TECDOC-653, Vienna (1992).
13. Нормы радиационной безопасности. НРБ-99. М.: Минздрав России, (1999), стр. 116.
14. Основные Санитарные Правила обеспечения радиационной безопасности(ОСПОРБ-99). М.: Минздрав России, (2000), стр. 114.
15. Санитарные Правила обращения с радиоактивными отходами

(СПОРО-2002). М.: Минздрав России, (2003), стр. 62.

16. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, State of the Art Technology for Decontamination and Dismantling of Nuclear Facilities, Technical Reports Series No. 395, IAEA, Vienna (1999).

17. Дмитриев С.А. ред. Обращение с радиоактивными отходами от неядерных применений. (Лекции курсов – семинара по подготовке и повышению квалификации специалистов, работающих в области обращения с радиоактивными отходами). МГУ им. М.В. Ломоносова и МосНПО “Радон”, Москва - Сергиев Посад, (2000).

18. Зимон А.Д., Пикалов В.К. “Дезактивация” М., Энергоиздат, 1994г.

19. Ампелогова Н.И. и др. “Дезактивация в ядерной энергетике”, М. Энергоиздат, 1982г.

20. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77) Опасные и вредные производственные факторы. Государственный комитет СССР по стандартам. М.: Стандарты, 1987. 5 с.

21. Єсипенко А. С. До питання про небезпечні та шкідливі виробничі чинники. *Інформаційний бюлетень з охорони праці.* № 3 (57). 2010. С. 43 46.

22. Смородова О. В., Китаев С. В., Сергеева К. В. Повышение взрывопожарной безопасности с помощью огнепреградителей насадочного типа. *Нефтегазовое дело.* 2016. №5. С. 193 206.

23. Байков И. Р., Смородова О. В., Сергеева К. В. Оценка обобщенных показателей промышленной безопасности технологических установок нефтеперерабатывающего завода. *Нефтегазовое дело.* 2016. №6. С. 138 150.

24. Хасанова А. Ф., Штур В. Б., Шайбаков Р. А. Аварийность и травматизм на объектах нефтепереработки. *Нефтегазовое дело.* 2016. №6. С. 161 176.

25. Смородова О. В., Китаев С. В., Аминов Д. М. Повышение безопасности предприятий с помощью роботизированных систем. *Нефтегазовое дело.* 2017. №1. С. 202 216.

26. Янбухтина М., Музафарова А. И., Мухаметзянова Э. Г., Федосов А. В. Устройство контроля параметров условий. *Нефтегазовое дело.* 2016.

№3. С. 279 292.

27. Смородова О. В., Сергеева К. В. Факторы рабочей среды предприятий нефтегазовой отрасли. *Нефтегазовое дело*. 2017. №2. С. 131 135.

28. Иванов Є.А. І-20 Радіоекологічні дослідження: Навч. посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004.

29. Безпека життєдіяльності. Підручник / За ред. Я. Бедрія. Львів: Афіша, 1998.

30. Голубець М.А., Кучерявий В.П., Генсірук С.А. та ін. Конспект лекцій з курсу "Екологія і охорона природи". К., 1990.

31. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справ. - М Энергоатомиздат, 1991. 256 с.

32. Гуськова А. К., Байсоголов Г. Д. Лучевая болезнь человека. М.: Медицина, 1971. - 384 с.

33. Дажо А. Основы экологии. М.: Прогресс, 1978. 416 с.

34. Дертингер Д., Юнг К. Молекулярная радиобиология. М.: Атомиздш, 1973. - 248 с.

35. Джигирей В.С. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник. Львів, 2000.

36. Дозы облучения населения Украины источниками природной радиоактивности / И. П. Лось, Т. А. Павленко, М. Г. Бузинный и др. К.: УНЦРМ, 1996. - 34 с.

37. Желібо Е.П. Безпека життєдіяльності.: Навчальний посібник. К.: Каравела, 2001. 320 с.

38. Иванов В. И. Курс дозиметрии. М.: Энергоатомиздат, 1988. 346 с.

39. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации: Докл. НКДАР ООН, 1988. - М.: Мир, 1992. - Т. 1. - 552 с; Т. 2.-726 с.

40. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 256 с.

41. Крисюк Э. М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 119 с.

42. Кутлахмедов Ю.О. та ін. Основи радіоекології. К.: Вища школа,

					ТС 17510280	Арк.
Вуп.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

2003. 319 с.

43. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини: Навчальний посібник. - Л., 2000. - 186 с.

44. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності: Навч. посібник. К., 2000.

45. Маргулис У. Я. Атомная энергия и радиационная безопасность. М.: Энергоатомиздат, 1988. 224 с.

46. Москалев Ю. И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. М.: Медицина, 1991. 464 с.

47. Новиков Г.А. Основы общей экологии. Л., 1979.

48. Пістун І.П. та інші. Безпека життєдіяльності. - Львів, 1995.

49. Радиация. Дозы, эффекты, риск. М.: Мир, 1988. 80 с.

50. Радиоэкология. Современные проблемы радиобиологии: В 8 т. М.: Атомиздат, 1971. - Т. 2. - 424 с.

51. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р. М. Алексахина. М.: Наука, 1993. - 538 с.

52. Следы Чернобыля в природной среде // Природа. 1991. № 5. С. 41-47.

53. Циммер К. Проблемы количественной радиобиологии. М.: Госатомиздат, 1962. - 100 с.

					ТС 17510280	Арк. 47
Вуп.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		